[illegible] ET CHIMIQUE

DU

FLAMBEAU OU BOUGIE DE CIRE



HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DU

FLAMBEAU OU BOUGIE DE CIRE

Conférence donnée devant l'Union catholique de Montréal,

le 30 novembre 1890

Par le R. F. JOS. C. CARRIER, C.S.C.

HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

D'UN

FLAMBEAU OU BOUGIE DE CIRE

Conférence faite devant l'Union catholique de Montréal, le 30 novembre 1890, par le
R. P. Jos. C. Carrier, C. S. C.

Messieurs,

Je vous ai fait, il y a quelques mois, l'historique d'une " *Bouchée de pain* " jusqu'à et y compris son assimilation dans les divers tissus du corps humain ; permettez-moi de vous raconter, cet après-midi, l'*Histoire physiologique et chimique d'un Flambeau ou Bougie de cire*, jusqu'à sa complète combustion. Pour la confection de cette sorte de flambeau, il nous faut évidemment, tout d'abord, de la cire ; car nous ne parlerons que de la seule bougie formée de cette sécrétion animale, et non de ces sortes de bougies faites de stéarine, de cétine, de paraffine ou des sucs d'un arbre de l'extrême Orient, le *croton sebiferum* de Linné, encore moins étudierons-nous cette sorte de flambeau, peu en usage aujourd'hui, fait du suif ou graisse solide et blanche de ruminants, et qui constitue la chandelle proprement dite. C'est donc de la cire qu'il nous faut pour notre *Bougie.* D'où nous vient la cire? se fait-elle elle-même, ou la trouvons-nous toute faite dans la nature? Non: c'est, comme je viens de le dire, une vraie sécrétion animale. Et quel est l'animal qui la sécrète ? C'est un petit insecte ailé, fort laborieux, qui s'appelle *abeille.* Et, tout d'abord, étudions ce petit insecte si utile à l'homme. L'abeille commune à laquelle, Linné, l'inventeur de la terminologie scientifique moderne des êtres de la nature, a donné le nom générique et spécifique d'*apis mellifica*, qui veut dire abeille faiseuse de miel.

L'abeille appartient à l'ordre des hyménoptères ou insectes à ailes membraneuses, ainsi que le mot l'indique : *hymèn*, *hyménos*, membrane, *pteron*, aile, A cet ordre d'insectes proprement dits, qui compte plus de 25,000 espèces, appartiennent les plus élevés, les plus sociaux, à l'exception du ver-à-soie, les plus utiles de tous les insectes connus. Voici les principaux caractères de cette ordre: La tête large, pourvue, sur les côtés, d'yeux composés, formés d'un très grand nombre, plusieurs milliers de plaques hexagonales dont chacune est pourvue d'une cornée, d'un iris et d'un filament nerveux; et, sur le haut, de trois yeux simples, appelés *ocellis ou stemmates* disposés en triangle. Le bouche, formée de deux mandibules, est organisée au moyen de mâchoires, de palpes et d'une languette fort longue en forme de trompe, pour la préhension, la mastication et la succion ; six pattes constituées pour la locomotion et le support ; quatre ailes également transparentes qui, dans le vol, s'enlacent par de petits crochets ; enfin les larves, dépourvues de pieds et absolument dépendantes, sont nourries dans des cellules ou nids. Tels sont les caractères généraux de tous les hyménoptères. Ce grand ordre se divise, selon Latreille, en deux sous-ordres : les *terebrantia* ou porte-tarière, qui se subdivisent en pupivores et en porte-scie : tels sont les ichneumons, les cynips, les mouches-à-scie ; et les *aculeata* ou porte-aiguillons, qui se divisent en quatre familles : les *hétérogynes*, les *fouisseurs*, les *diploptères* et les *mellifères* : tels sont les fourmis, les guêpes, les frelons et les abeilles. Les *mellifères* se subdivisent encore en *andrènes* et en *apiaires* : à la première subdivision, toujours d'après Latreille, appartient l'*andrène des murs*, qui sécrète un miel particulier, un peu narcotique : à la seconde subdivision, appartiennent toutes les abeilles proprement dites. Linnée avait réuni sous le nom générique d'abeilles, *apis*, un grand nombre d'hyménoptères dont la structure organique et surtout les mœurs sont assez différentes. C'est pourquoi Latreille les a séparés et a formé la famille des *anthophiles* ou *mellifères*, qui renferme le genre *apis* dont le type est l'abeille mellifique, qui va nous fournir la cire dont nous avons besoin pour faire notre *Bougie*. Mais comment cette abeille-là sécrète-t-elle la cire ? Pour répondre à cette question, il faut préalablement connaître un peu l'organisme spécial de cet insecte : c'est ce que nous allons étudier un instant.

Les insectes appartenant au genre *apis*, qui ne contient en tout que sept ou huit espèces, ont tous les antennes filiformes, brisées, composées de douze ou treize articulations ; 13 chez les mâles, 12

chez les femelles ; le premier article des tarses postérieurs fort grand et en carré long garni intérieurement, chez les *ouvrières,* d'un duvet soyeux rangé par bandes transversales ; les mandibules en forme de cuiller chez les neutres, tronquées et bidentées chez les mâles et chez les femelles ; la mâchoire et la lèvre inférieures fléchies en dessous, longues et étroites ; palpes maxillaires très petites ; les labia en forme de soies ; le corps plus ou moins velu ; un aiguillon caché à l'extrémité de l'abdomen chez les femelles et les ouvrières ou neutres. Tels sont les caractères génériques de toutes les abeilles, qu'elles soient solitaires ou sociables, "villageoises" ou "domestiques," c'est-à-dire, vivant hors de la dépendance de l'homme, ou bien cultivées par lui, pour en avoir le miel et la cire. Quant aux caractères spécifiques de l'abeille mellifique ou commune, en voici quelques-uns : l'abdomen est composé de six anneaux dont le dernier recouvre et cache un aiguillon piquant et barbé, selon le sexe. La bouche est munie d'une languette très extensible en forme de trompe qui, dans le repos, se cache sous la tête et le thorax et qui lui sert à sucer ou plutôt à laper le suc des fleurs. Les pattes sont velues et garnies de petites brosses. Les jambes postérieures sont creusées chez les neutres, sur leur face interne en forme de "corbeillettes" pour y recevoir le pollen des étamines des fleurs rassemblé en petites pelotes par les abeilles ouvrières en quête de butin. Cette espèce d'abeille originaire, croit-on, de la Grèce, est maintenant naturalisée et cultivée sur presque tous les points dn globe. Etant éminemment de mœurs sociales, on trouve ces abeilles toujours en réunion très considérable appelée essaim, soit dans des trous de vieux arbres, soit dans des espèces de petites huttes que leur contruisent les apiculteurs, et que l'on nomme ruches. Elles y vivent sous un gouvernement qui ressemble à une monarchie. En effet, on y voit une reine, une seule reine, qui régit toute la colonie. C'est l'unique femelle qu'il y ait dans un essaim. Il y a aussi un certaiu nombre de mâles appelés frelons : ce sont les gros bourgeois ou rentiers : ils ne travaillent pas ; ils vivent dans une complète oisiveté, se nourrissent du produit du travail des ouvrières, et ne servent qu'à la propagation de leur espèce ; mais dès que leur rôle est achevé et que les œufs sont pondus, ils sont impitoyablement tués jusqu'au dernier par les ouvrières qui n'ont plus besoin d'eux ; leur indolence, à l'approche de l'arrière saison où les magasins doivent être remplis, les exaspère. Il s'en fait alors un vrai massacre ; juste rétribution de l'oisiveté : car, qui ne travaille pas, ne doit pas manger.

Mais, me demanderez-vous, peut-être, comment cette tuerie générale et complète peut-elle se faire, puisque les frelons ou bourdons sont beaucoup plus gros et d'une force musculaire plus grande que les ouvrières ; au moins comment les plus forts et les plus alertes d'entre eux n'échappent-ils pas au carnage ? Ne succombe-t-il pas plus d'une neutre dans cette lutte acharnée ? Non, pas un mâle n'échappe aux traits de ses adversaires et pas une seule ouvrière ne tombe morte dans le combat. Le secret de tout cela, c'est que les ouvrières sont armées d'un dard ou aiguillon empoisonné avec lequel elles piquent ou percent leurs ennemis. Elles sont d'ailleurs dix, quinze ou vingt contre un. Quand le jour est venu, quand l'heure a sonné, quand le signal a été donné par la reine pour la destruction des mâles, une ou deux, et parfois trois ou quatre ouvrières, armées de leur redoutable et meurtier instrument, qu'elles manient habilement et vivement *à retro*, se précipitent sur chacun d'eux, et, d'un seul coup de la pointe acérée de leur aiguillon porté sur le thorax ou tout autre partie du corps de leurs victimes, les foudroient mortes. Les mâles, étant dépourvus d'aiguillon et de toute autre forme d'armes défensives ou offensives, attendent et reçoivent la mort presque sans résistance ni combat, la partie étant trop inégale.

Il y a donc, comme on vient de le dire, dans chaque essaim des abeilles qui ne sont ni mâles ni femelles : ce sont les neutres, autrement appelées ouvrières ou abeilles travailleuses, car elles seules travaillent, et travaillent incessamment pendant toute la belle saison. Elles sont de beaucoup les plus nombreuses : on en compte parfois, jusqu'à cinquante mille dans un seul essaim, tandis qu'on compte à peine mille frelons avant l'époque de leur massacre. Comme dans tout gouvernement bien organisé, la division du travail se fait d'une manière parfaite par toutes ces travailleuses industrieuses : ainsi les unes sont employées à aller au loin ramasser des vivres et des matériaux de construction, c'est-à-dire, le miel et la cire : ce sont les *cirières* ; d'autres sont occupées, dans l'intérieur, au soin du ménage ; les unes construisent, avec la cire, des cellules hexagonales très régulières appelées alvéoles destinées à recevoir le miel et à loger les œufs, ce sont les *charpentières* ; les autres nourrissent les larves issues de ces œufs, ce sont les *nourrices* ; enfin d'autres encore montent la garde en sentinelles vigilantes à l'entrée de la ruche pour empêcher tout intrus d'y pénétrer, ou bien pour porter au dehors toute immondice, tout corps mort, etc., etc. : ce sont, pour ainsi dire, les soldats, les *fac-totum*, les nettoyeurs ou vidangeurs et

les croque-morts ! Tout cela se fait par la direction et sous l'œil, pourrait-on dire, de la reine ou mère-abeille qui ne quitte jamais la ruche.

Il revient, sans doute en ce moment, à la mémoire de tous ceux qui d'entre vous, Messieurs, ont fait leur cours classique, ces vers par lesquels l'immortel poëte mantouan ouvre le quatrième ivre de ses *Géorgiques.*

> " *Protinus aërii mellis cœlestia dona*
> *Exequar* "...

Et cet autre vers :

> *Sic vos, non vobis, mellificatis apes......*

Vous trouverez peut-être ces détails étrangers à mon sujet. Cependant je crois qu'ils ont bien leur utilité en vous faisant connaître, entre tant d'insectes différents, plus de deux cent mille, ceux précisément qui sécrètent la cire dont on se sert pour la confection des cierges qui se voient sur nos autels, et qui (soit dit en passant) sont seuls permis pour les offices de la liturgie sacrée. Les rubriques disent formellement que les " cierges doivent être faits de cire d'abeilles, *debent esse ex cerâ apium,* de cire blanche aux offices ordinaires, de cire commune, c'est-à-dire, jaune aux offices funèbres ; comme aussi l'huile de la lampe du sanctuaire doit être de l'huile d'olive, *oleum olivarum.*

Mais il est temps de voir comment cette cire est formée. Les abeilles *cirières* s'en vont, en grand nombre, de très bon matin, tous les beaux jours du printemps, de l'été et d'une partie de l'automne, visiter presque toutes les fleurs qu'elles rencontrent sur leur chemin pour chercher et trouver, sur les étamines et les anthères, cette poussière fine appelée pollen qu'elles ramassent pour en former, à l'aide de leurs brosses, des pelotes qu'elles font entrer dans les petites corbeilles qui se trouvent dans leurs jambes postérieures ; elles sucent et avalent aussi, au moyen de leur languette, certains sucs liquides ou certaines liqueurs sucrées qu'elles trouvent dans le nectaire de certaines plantes telles que les polygonées, les caryophillinées, les salicariées, etc. ; liqueurs que, par un procédé à elles connu, elles convertissent en miel, qu'elle *régurgitent,* soit pour nourrir les larves, soit pour remplir les alvéoles destinées à ce nectar, et qui sont autant de magasins pour les provisions de la colonie pendant la morte saison.

Cependant durant l'élaboration du miel, certaines parties des

sucs saccharins récoltés ne sont pas changés en miel, mais elles sont sécrétées, sous forme de petites plaques jaunâtres, solides et cassantes, à travers les anneaux de l'abdomen. Ce sont ces petites plaques qu'on nomme *cire* et qui servent à bâtir les alvéoles des rayons ou gâteaux apiaires, et que, plus tard, on fera fondre pour en faire des bougies ou des cierges. Ici, il est utile que je vous fasse observer que cette sécrétion est tout à fait différente, bien qu'elle en ait un peu l'apparence, d'une autre substance appelée *propolis* qui sert à clore hermétiquement toutes les issues des ruches, sauf l'entrée qui reste toujours ouverte. La *propolis* n'est pas une sécrétion de l'abeille, mais une sécrétion des plantes où les abeilles la cueillent au moyen de leurs mandibules et qu'elles mettent dans leurs corbeilles ; quand elles sont arrivées dans leurs ruches, elles enlèvent ces sucs et en font, avec leur salive, une espèce de mastic dont elles enduisent tout l'intérieur de la ruche et bouchent soigneusement tous les trous. La *propolis* est une substance séreuse, rougeâtre, odorante ou balsamique. Elle se cueille généralement sur les saules, les peupliers et certains congénères. La formule chimique de la *propolis* est : C 12 H 22 O 11. Dans 100 parties, il y a 74.5 de carbone, 12 d'hydrogène et 13.5 d'oxygène. La *propolis*, comme d'ailleurs le sont toutes les résines, est soluble dans l'alcool, mais pas du tout dans l'eau ; c'est ce qui la rend très propre à l'usage qu'en font les abeilles maçonnes, c'est à-dire celles qui font et appliquent les enduits de cette nature dans l'intérieur de leur ruche, pour protéger la communauté, soit contre l'humidité et le froid qui leur sont très préjudiciables et même souvent mortels, soit contre l'invasion des nombreux ennemis du dehors qu'attire l'appât du miel. Cette utile distinction faite, je reviens à notre cire, qui, comme nous l'avons dit, est une sécrétion de l'abeille ouvrière elle-même, faite par une organe spécial logé dans l'abdomen, et provenant d'aliments liquides ou semi-liquides portés à la bouche par l'appareil assez compliqué qui l'entoure, surtout par la languette ou trompe, puis introduits dans le canal alimentaire.

On a cru pendant bien des siècles que la cire n'était autre chose que le pollen dont les ouvrières se nourrissent quelquefois, et qu'elles mettent le plus souvent en magasin dans certaines cellules à ce destinées. On disait que ce pollen était élaboré dans leur estomac et ensuite régurgité, par la bouche, sous forme de bouillie blanchâtre ou véritable cire. Telle fut l'opinion de tout le monde, même des savants sans exception, jusque vers le commencement de

ce siècle. Alors plusieurs naturalistes distingués, entre autre Réaumur, Bonnet, Hubert, Schwammerdam, firent de très exactes observations à ce sujet. Voici ce qu'ils observèrent: La cire est une véritable sécrétion et non une régurgitation: elle n'est pas produite par le pollen, mais bien par le miel : elle n'est pas sécrétée, comme le miel, par des glandes logées dans le premier estomac, mais dans le second au delà du pylore : puis, elle est expulsée du corps entre chacun des six anneaux qui composent l'abdomen des ouvrières, sous forme de petites lamelles jaunâtres, par une sorte de transsudation.

C'est avec ces lamelles de cire ainsi exsudées que ces mêmes abeilles ouvrières, dites *charpentières*, construisent leurs gâteaux ou rayons composés de cellules ou alvéoles hexagones à base pyramidale, adossés l'un à l'autre avec une précision étonnante, et destinés à servir de nids pour les larves et les nymphes et de magasins pour la colonie.

Pour faire notre *Bougie*, on s'empare donc des gâteaux ainsi habilement construits, après avoir extrait tout le miel qui y est contenu et tous les petits qui pourraient y être enfermés: puis on la prépare pour la mettre en œuvre. Pour obtenir la cire brute, dite aussi cire vierge ou cire jaune, on la fait simplement fondre dans de l'eau bouillante, puis on la coule dans des vases de bois ou de terre. Cette cire jaune a un peu d'odeur et de saveur, propriétés qui lui viennent, ainsi que sa couleur, des matières étrangères qu'elle contient d'ailleurs en assez faible quantité. Mais elle les perd par le procédé chimique dit *blanchiment*.

Cette opération consiste, soit à imprégner la cire de gaz oxygène pur ou de chlore, soit à l'exposer, en forme de plaques minces, au soleil et à la rosée, soit (ce qui est plus expéditif et plus économique) à verser une petite quantité d'acide sulfurique du commerce et quelques fragments de salpêtre dans la masse de cire en fusion, en agitant le tout avec une spatule de bois. Le poids spécifique de la cire jaune est de 0.970, et celui de la cire blanchie de 0.965, c'est-à-dire, un peu moins pesante que l'eau. La composition chimique est : C 55 S C 52 0 3 + aqua ; et, sur 100 parties, il y en a 81 de carbone, 12 d'hydrogène et 7 d'oxygène. La cire jaune fond à 142° et la cire blanchie à 155° Fahrenheit. La cire est tout à fait insoluble dans l'eau à la température ordinaire, mais elle se dissout facilement et en toutes proportions dans les huiles, les graisses, l'éther et, en partie, dans l'alcool. En effet, l'alcool dissout un certain principe

chimique appelé *cérine*: c'est un acide organique qu'on nomme acide *cérotique*, mais il ne peut dissoudre un autre principe chimique auquel on donne le nom de *myricine*, substance d'un blanc grisâtre qui fond à 60° centigrades. Je n'en dirai pas davantage sur cette substance parce que nous ne nous occupons pas du miel. Nous voilà maintenant en possession de la matière première du flambeau qu'on appelle *Bougie*. Voyons comment on la met en œuvre, c'est-à-dire comment on confectionne la bougie. Ce n'est là une opération ni longue ni difficile : vous allez d'ailleurs en juger. On la fabrique de deux manières, soit au moule, alors elle s'appelle *bougie moulée*, soit à la cuiller, elle prend, dans ce cas, le nom de *bougie à la cuiller*.

C'est ce dernier procédé que nos sacristains emploient et voici comment ils procèdent. Ils font d'abord fondre, dans une chaudière, une certaine quantité de cire jaune ou blanche et entretiennent la solution sur demi-feu ; près de la chaudière est une grande cuve ou baquet, ils suspendent au-dessus un plateau rond de moindre diamètre que le baquet sur le bord duquel ils fixent un certain nombre de clous ou brochettes d'où pendent autant de mèches de coton simplement tordues. Ils prennent ensuite, dans une grande cuiller, de la cire fondue qu'ils versent sur chacune des mèches alternativement. En descendant le long des mèches, la cire se solidifie en partie par l'effet du refroidissement et adhère, par conséquent, à la tige dans toute sa longueur, Le surplus du liquide, s'il y en a, tombe dans le baquet. On répète cette simple et quelque peu primitive opération autant de fois qu'il est nécessaire pour donner aux bougies la grosseur voulue ; puis elles sont détachées et, encore molles, roulées sur une table bien unie pour leur donner du poli et de la consistance. Voilà notre *Bougie* faite et prête à être employée, comme flambeau, à l'éclairage de nos maisons et surtout de nos églises pour les cérémonies du culte.

Il ne nous reste plus qu'à voir comment la combustion se fait et ce qui en résulte. C'est, là, une longue série de phénomènes purement chimiques, c'est aussi la partie la plus intéressante de notre sujet, au moins sous le point de vue scientifique.

Que nous faut-il pour allumer notre *Bougie* ? Vous me répondrez tous : " Il faut une allumette chimique ". Bien, dit : cependant je vous ferai observer qu'une allumette chimique n'est pas absolument nécessaire pour produire une flamme : il y a une foule de substan-

ces et de procédés divers qui produisent ce phénomène d'illumination. Mais, va pour l'allumette chimique.

L'allumette (qui l'ignore ?) est un petit bâtonnet ou brin de bois tendre et résineux, généralement du tremble ou du sapin, enduit, à un bout ou aux deux bouts, d'une certaine composition qui prend feu par le frottement. C'est un vrai lucifer ou porte-lumière. Elle est dite chimique parce que cet enduit est une composition essentiellement chimique : parlons-en un peu. Disons, d'abord, qu'il y a plusieurs sortes d'allumettes chimiques : allumettes *soufrées,* allumettes *oxygénées,* allumettes *stéarines,* allumettes *phosphoriques amorphes,* allumettes simplement *phosphoriques.* C'est de ces dernières que nous allons nous entretenir un instant ; ce sont d'ailleurs les seules dont vous faites tous un usage journalier et, si elles ne sont pas les moins dangereuses, elles sont certainement les plus commodes et les plus économiques de toutes. Les allumettes soufrées ne peuvent être allumées qu'à l'aide du briquet battu sur un silex pour en faire jaillir une étincelle ; les oxygénées demandent un petit flacon pourvu de filaments d'amiante imprégnés d'acide sulfurique concentré qui enflamme l'allumette dès qu'elle est retirée du flacon ; les phosphoriques amorphes veulent, pour s'enflammer, une surface rugueuse formée de phosphore rouge, de dioxide de manganèse et de sable fin : c'est pourquoi on donne à ces dernières le nom d'allumettes de sûreté. Il en est à peu près de même pour les allumettes dites *vésuviennes;* les *stéarines* ont le tort d'être cher et de graisser les doigts. Les allumettes phosphoriques, communément appelées allumettes chimiques, les seules en usage général à notre époque, consistent, comme je l'ai déjà dit, en une petite bûchette de bois tendre et léger dont on trempe l'un des bouts dans une espèce de pâte liquide où il entre toujours du phosphore, d'où leur vient le nom d'allumettes phosphoriques ; mais leur composition varie assez notablement. En général, outre le phosphore, on trouve toujours dans cette pâte liquide, du soufre, du mucilage et du chlorate de potassium en proportions variables au choix des fabricants.

Le phosphore en est le principe combustible, tandis que les autres substances ne servent qu'à activer et prolonger la combustion en dégageant de l'oxygène. Mais comme le chlorate de potassium produit, en outre, un effet détonnant qui parfois est assez fort pour projeter des parcelles de matières enflammées, on a soin d'y joiudre généralement du nitrate de potassium qui, tout en empêchant ce danger, fait brûler l'allumette tranquillement. Il est bon de se

rappeler que le phosphore ordinaire est un violent poison ; tandis que le phosphore rouge ou amorphe n'est pas malfaisant. C'est pourquoi les allumettes phosphoriques amorphes peuvent être placées, sans aucun danger, entre les mains des enfants, car elles ne peuvent ni s'enflammer facilement ni produire d'empoissonnements souvent mortels. Il n'en est pas de même des allumettes chimiques ordinaires : la coloration rouge, rose ou bleue qui se trouve au bout de l'allumette provient de minium ou de bleu de Prusse qu'on mêle à la pâte.

En frottant ces allumettes ainsi préparées sur un corps quelconque sec, dur et rugueux, la matière phosphorée prend feu en formant avec l'air atmosphérique de l'acide phosphorique ; elle communique son inflammation au soufre et celui-ci enflamme le bois de l'allumette. Puisque le phosphore joue un rôle si essentiel et si considérable dans la confection des allumettes, étudions-le pendant quelques instants pour que nous en ayons au moins une idée suffisante et exacte. Le *phosphore* est un corps simple, un des 75 seuls éléments connus jusqu'à ce jour. Son poids spécifique est de 1.83, c'est-à-dire, presque deux fois plus pesant que l'eau distillée à son maximun de densité. A l'état parfaitemet pur, il est translucide presque incolore, c'est-à-dire faiblement coloré, tirant sur le jaune tendre.

Dans le commerce, il accuse une teinte jaunâtre assez prononcée et devient rouge lorsqu'on l'expose à la lumière solaire. Le phosphore se présente facilement sous les trois états, solide, liquide et gazeux ; il est dur et cassant à 0° C, c'est-à-dire à la température de la glace fondante ; il se ramollit vite, tellement qu'il devient mou et flexible comme de la cire à la température ordinaire de nos étés, soit de 25 à 34° centigrades ; il fond à 44 C, et passe à l'état de gaz dans des vaisseaux fermés à 29° C., ce qui n'est pas une très haute température. Le poids spécifique de sa vapeur est de 4.35 comparée à l'air atmosphérique. Il ne se cristalise pas directement en passant d'un état à un autre, vu que ce passage se fait graduellement et non soudainement.

Il est bon de remarquer que le passage *graduel* d'un liquide à l'état solide est toujours un empêchement à la cristallisation. Cependant on peut obtenir des cristaux de phosphore en dodécahédrons réguliers d'une manière indirecte, c'est-à-dire par voie de dissolution en employant du bisulfure de carbone comme dissolvant. On ne trouve pas le phosphore (au contraire du soufre) à l'état naturel

ou *natif*, comme l'on dit en minéralogie, mais toujours en composition, c'est ainsi qu'on le trouve dans les *guanos*, les *coprolites*, les *apatites*, les *pyromorphites*, les *wagnérites*, et surtout dans les *os* de tous les animaux. Comme cet élément se trouve en petite quantité dans tous les sols ou terres arables, il est absorbé par les plantes qui y croissent et s'emmagasine dans leurs graines. Les animaux, en se nourrissant de ces graines, s'assimilent le phosphore qu'elles contiennent : c'est ainsi qu'on le retrouve dans presque tous les solides et les liquides des êtres organisés, mais plus particulièrement et en bien plus grande quantité dans les os, le cerveau et l'urine. Certaines analyses d'os de bœuf, par exemple, ont donné plus de 58% de phosphate de chaux, et de 1 à 2% de phosphate de magnésie. La composition des os de l'homme à l'état adulte n'est pas différente de celle des os du bœuf.

Le phosphore est insoluble dans l'eau, mais il est facilement dissous par l'éther, l'alcool, certaines huiles fixes et votatiles, comme l'huile de térébenthine, de citron, etc., etc., et surtout par le sulphure de carbone et le chlorure de phosphore. Exposé à l'air libre, le phosphore prend vite feu à cause de sa très grande affinité avec l'oxygène, c est pourquoi, dans les laboratoires, on le conserve dans des flacons remplis d'eau. Il prend feu par le moindre frottement ou s'il est chauffé à la température de 60° C, même à la température ordinaire de l'air, il subit une combustion lente mais constante, qui se manifeste sous forme d'un léger nuage blanchâtre et ondulant qui se renouvelle incessamment et qui est lumineux dans l'obscurité.

Si vous enflammez une allumette phosphorique sur un mur, par exemple, par une nuit obscure, vous verrez, sur les traces laissées par l'allumette, une lueur qui reste assez longtemps, c'est-à-dire jusqu'à ce que le phosphore adhérant au mur ait complètement disparu, soit par combustion, soit par évaporation. C'est cette propriété d'émettre une luminosité qui a fait donner au phosphore le nom qu'il porte (*phos*, lumière, *phoros*, qui porte). Le phosphore ordinaire, variété appelée *alpha*,(A) est un poison très violent, et les brûlures qu'il occasionne sont, comme celles de l'acide fluorique, profondes et très difficiles à guérir : aussi faut-il se garder,avec grand soin, de son action délétère et ne le manier, à mains sèches, qu'avec la plus grande précaution de crainte qu'il ne s'enflamme soudainement, et que ses vapeurs ne causent de graves désordres dans les voies respiratoires et surtout dans les mâchoires: c'est ce qui malheu-

reusement arrive très fréquemment aux ouvriers employés dans les fabriques d'allumettes phosphoriques ordinaires. C'est pour éviter tous ces dangers que beaucoup de gouvernements ont fait des lois très sévères défendant la fabrication d'allumettes non-amorphes.

On obtient le phosphore amorphe ou phosphore rouge, qui est la variété *bêta* (B), très facilement : on n'a, pour cela, qu'à faire chauffer, pendant plusieurs heures, le phosphore ordinaire à une température comprise entre 230 et 250° C dans un gaz qui n'a pas d'action chimique sur lui, comme, par exemple, dans le gaz oxide carbonique. L'action de ce degré modéré de chaleur lui fait prendre, petit à petit, une couleur rouge de chocolat et lui enlève en même temps toute propriété toxique et toute odeur. Dans cet état allotropique, il ne s'oxide pas facilement à l'air et, par conséquent, il n'est pas susceptible de s'enflammer spontanément, ni d'empoisonner le sang en le privant de son oxigène, aussi peut-on le manier, l'introduire dans la bouche ou le porter dans la poche impunément. Le phosphore amorphe ne peut pas être chauffé au-dessus de 250 à 260° C. sans passer à l'état liquide et, chose étrange, arrivé à ce point, il revient à la condition non-amorphe, c'est-à-dire au phosphore ordinaire et la garde à toute température plus élevée. Mais en voilà assez sur le grand et le plus important ingrédient de nos allumettes chimiques ordinaires. Si, maintenant, prenant une de ces allumettes chimiques phosphoriques, on la frotte légèrement mais rapidement sur une surface quelconque, sèche, dure, un peu rugueuse, la matière phosphorée prend feu soudainement accompagné d'un petite détonation, comme un feu d'artifice en miniature. Le phosphore, se combinant instantanément avec l'oxigène de l'air, forme un composé qui est, lui aussi, toxique: aussi est-il bon de ne pas se mettre sous le nez, les allumettes en première ignition. On donne à ce composé le nom d'acide phosphorique *anhydre*. La matière phosphorée en ignition activée, comme elle l'est, par le chlorate de potassium, le bi-oxide de manganèse et le minium qui abandonnent alors une partie notable de leur oxigène, communique, ainsi que nous l'avons déjà vu, son inflammation au soufre et le soufre au bois tendre et sec de l'allumette, ce qui nous donne un temps suffisant pour allumer notre bougie de cire. La voilà enflammée : mais comment cela s'est-il opéré ? Il faut d'abord se rappeler que notre bougie de cire se compose de deux parties très distinctes : une mèche en coton non tressée simplement tordue, la cire plus ou moins pure qui entoure cette mèche. Ces deux matières sont combustibles à des degrés

différents, mais la première est seule inflammable ce qui vient de sa nature végétale.

L'allumette en vive ignition, mise en contact avec le bout supérieur sec de la mèche de la bougie, l'enflamme aussitôt ; toute la mèche serait bien vite consumée, si sa combustion n'était ralentie et arrêtée par l'amas de cire qui l'entoure dans toute sa longueur, qui ne brûle pas par elle-même et qui ne se consume, à l'aide d'un substance végétale, que difficilement et lentement vu sa nature animale. Ici, admirez ce qui va se produire. Aussitôt que la mèche est allumée, la chaleur que la combustion dégage établit un courant d'air entre le siège de la chaleur et les strates de l'atmosphère environnante. Ce courant d'air, de bas en haut, tient les bords de la bougie refroidis, tandis que, vers le centre où est la mèche enflammée, la cire, qui s'y trouve, se fond petit à petit et se consume lentement et uniformément, produisant, par le fait même, une concavité en forme de petit godet dont les rebords élevés empêchent l'excès de la cire en fusion de s'écouler le long de la bougie. Pour cela. il faut que l'air environnant soit tranquille ; car, s'il en était autrement, c'est-à-dire si la flamme était tourmentée, on verrait bien vite un des rebords de la bougie se fondre plus rapidement que les rebords opposés ; alors il s'établirait une issue par où s'écoulerait incessamment le liquide en fusion et, tout en formant des dépôts le long de ce côté de la bougie, il produirait, de l'autre côté, des élévations en forme de crête ou d'échancrure. Ce même accident arriverait aussi si la mèche n'occupait pas le vrai centre de la bougie, c'est-à-dire s'il y avait plus de cire d'un côté de la mèche que de l'autre, et encore si la bougie n'était pas tenue dans une position verticale ; car, la flamme elle-même, dans l'air tranquille, prend et garde toujours cette direction. Plus la cause ou les causes de cet effet, sinon désastreux du moins disgracieux, durent, plus le mal augmente par l'accumulation constamment croissante de cire fondue déposée, par le refroidissement, le long d'un des côtés de la bougie. Cependant comme l'accumulation d'une certaine quantité de la cire fondue dans le godet ou concavité de la bougie, limite, par degrés presque insensibles, la combustion de la mèche par mode d'extinction de la flamme à sa partie inférieure, il s'ensuit que, lorsqu'il se fait un déversement du liquide qui toujours à l'état normal remplit presque le godet, la flamme se trouve, par là même, considérablement augmentée en s'emparant d'une plus grande étendue de la mèche qui ne se trouve plus, pour le moment, immergée dans la cire liquide

Mais, d'un autre côté, le liquide, en s'écoulant, s'est condensé par le refroidissement et s'est, pour ainsi dire, figé le long de la bougie. Ces dépôts formeront des colonnettes lorsque la chaleur de la flamme les atteindra, car il est évident que la chaleur fondra plus vite aux endroits où il y aura une moindre épaisseur de cire et où la distance du centre est plus grande.. C'est ce qu'il faut avoir soin d'éviter par motifs d'économie, de propreté, d'esthétique, soit en tenant la bougie dans une position verticale, soit en empêchant des courants d'air qui feraient incliner la flamme plus d un côté que de l'autre, et, pour cela, on n'aurait qu'à entourer la bougie d'un petit globe de verre soutenu par une galerie assujettie à la bougie et pouvant s'élever ou s'abaisser à volonté. La chaleur de la mèche enflammée, non-seulement fait fondre la cire qui remplit constamment plus ou moins complètement le godet ou concavité, mais aussi cause l'ascension graduelle, le long de la mèche, d'une petite partie de la cire liquéfiée qui est brûlée au contact de la flamme, et qui, par là même, entretient et régularise la combustion tout en produisant une notable augmentation de chaleur et de lumière et en empêchant que la mèche ne brûle ou ne se consume plus bas qu'il ne faut. Admirable exemple d'ajustement ou d'équilibre entre les parties contingentes qui se limitent et se régularisent l'une l'autre, et n'envahissent pas plus qu'il ne faut le domaine de l'une et de l'autre. Mais si l'ascension du liquide, le long de la mèche, se faisait trop rapidement et en trop grande quantité, la flamme diminuerait et pourrait même finir par s'éteindre tout à fait. Il faut donc que le volume de la mèche soit proportionne à celui de la cire qui l'entoure pour produire l'effet d'illumination désirable. Venons-en, maintenant, à la combustion : c'est là, peut-être, le plus important et le plus intéressant de notre sujet. Voyons ce que c'est que la combustion, comment elle se fait et ce qui en résulte. Nous allons faire un peu de chimie pratique. La combustion, dans le sens ordinaire du mot, est cette action chimique qui, dans les combinaisons, dissipe les matières combustibles avec dégagement de chaleur, de lumière et probablement d'électricité. La combustion, dans le sens entendu par les chimistes, a un caractère plus général : elle s'entend de toute action chimique, vive ou lente avec évolution plus ou moins évidente et rapide de chaleur et de lumière, qui résulte dans les combinaisons avec un constituant ou tous les constituants de l'atmosphère gazeuse ambiante, ou avec quelques autres éléments d'une nature comburante. Dans le premier sens, la combustion est toujours

l'union directe et énergique d'un corps combustible en présence de l'oxigène, c'est ce qui a lieu très généralement. Dans le second sens, le support de la combustion peut être tout autre que l'oxigène ; c'est ainsi que le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, etc., brûlent dans le chlore à la température ordinaire ; que l'hydrogène, le fer, le cuivre, etc., se consument dans la vapeur de soufre fortement échauffée. Pour le chimiste, que le bois brûle avec violence à l'air libre dans nos fournaises, ou qu'il se décompose lentement sans presque aucun dégagement sensible de chaleur et de lumière, dans nos bois humides ou même sous l'eau, phénomène appelé *érémacausis ;* que le fer brûle vivement dans l'oxigène pur ou qu'il se décompose lentement daus un atmosphère humide, formant ce que l'on nomme *rouille* en langage vulgaire, ou *peroxide de fer hydraté* dans le langage des chimistes, tout cela est combustion. Ajoutons que dans toute combustion,il y a combinaison entre les différents corps présents, c'est-à-dire changement absolu et radical des diverses propriétés physiques de ces mêmes corps en combustion. C'est en cela principalement que consiste la différence que l'on distingue entre la combustion et l'ignition : car, dans cette dernière action, il ne s'opère pas de combinaison et il y a, en outre, un dégagement notable de chaleur et de lumière qui est toujours ou rouge-brun, ou rouge-cerise, ou rouge-blanc. La combustion se distingue aussi de l'inflammation où cette dernière produit toujours une lumière très apparente et considérable sans aucun changement chimique. Voilà des distinctions qu'il était utile de faire afin de ne pas confondre des termes qui sont loin, strictement parlant, d'être synonimes, ainsi que nous venons de le voir.

Mais tenons-nous-en à la combustion telle qu'on l'entend généralement et telle qu'elle a lieu, par exemple, dans notre bougie en ignition. Les corps les plus combustibles sont, parmi les liquides, toutes les huiles soit végétales, soit animales, soit minérales, comme celles de colza, d'olive, de thérébenthine, de lard, de baleine, de pétrole, etc., etc., et parmi les solides, tous les bois, tous les sucs résineux ou ciriers, le *myrica cerifera* des botanistes, la cire végétale, la paraffine, la stéarine, et une foule d'autres substances, tant du règne végétal que du règne animal, et même quelques-unes du règne minéral, telles que le soufre, le phosphore et jusqu'au diamant lui-même qui brûle et se consume dans un flacon plein d'oxigène pur, après avoir été préalablement chauffé au moyen du chalumeau à gaz oxigène, jusqu'à l'incandescence.

Après avoir défini la combustion, voyons maintenant comment elle se fait dans notre bougie, comment d'ailleurs elle s'opère dans tous les corps comburants.

Pour produire la combustion et, partant, l'inflammation dans de bonnes conditions, il faut : 1° que notre bougie soit déposée, soit sur un chandelier, soit sur tout autre appareil dans une *position verticale ;* 2° que l'air environnant soit tenu à l'état de repos ou de calme. Cela fait, on approche de la mèche de coton qui dépasse en haut un peu la cire dont elle est enveloppée comme d'un enduit d'une épaisseur exacte et uniforme dans toute sa longueur, un corps quelconque en ignition, une allumette, par exemple. Le corps igné communique vite sa flamme à la mèche qui ensuite brûle d'elle-même, alimentée et régularisée, comme on a dit tout à l'heure, par la cire qui l'entoure, jusqu'à complète destruction de toute la bougie, qui alors nécessairement s'éteint faute absolue de combustible. Voyons de près cette flamme et essayons de l'analyser. On voit, d'abord, qu'elle nous présente la forme d'un cône plus ou moins allongé dont la base arrondie et un peu déprimée plonge par son extrémité inférieure dans la petite masse de cire en fusion contenue dans la dépression qu'elle-même càuse par sa propre chaleur et qui, tout en l'alimentant d'une manière régulière, économique et continue par cette force qu'on appelle attraction capillaire, empêche la mèche enflammée de brûler trop rapidement jusqu'au bas en l'éteignant partiellement, graduellement et continuellement. C'est ainsi que la portion de la mèche en ignition se consume lentement à son bout supérieur, et est éteinte constamment à sa partie inférieure qui se trouve immergée dans la cire fondue. C'est là une opération merveilleuse qui démontre, une fois de plus, que la nature, en mère toujours sage et prévoyante, sait, sans jamais se tromper parce qu'elle a pour auteur Celui qui joint à sa toute-puissance une infinie sagesse, adapter les moyens convenables pour atteindre des fins très utiles à l'économie générale et au bien-être de l'homme en vue de qui toutes les choses ds ce monde ont été créées.

Mais revenons à notre flamme ; elle se compose, ainsi que vous pouvez facilement vous en convaincre en la regardant attentivement de près, d'un petit cône noir dans son centre : cette partie noire n'est autre chose qu'un gaz inflammable composé d'hydrogène et de carbone que n'atteint pas l'oxigène de l'air et qui, par conséquent, ne brûle pas. Ce cône noir n'existe pas dans la flamme de la lampe d'Argant, parce que cet inventeur ingénieux a imaginé et fabriqué

une mèche de forme cylindrique qui admet un courant d'air tout autour d'elle intérieurement et extérieurement, ce qui n'a pas lieu dans nos mèches solides ordinaires. Autour de ce cône noir qui enveloppe le bout de la mèche calciné et non consumé, il y a un autre cône d'une lumière et d'une chaleur intense. C'est là, proprement dit, le vrai foyer de la flamme.

Voyons un peu comment cela s'opère. Je vous ai déjà dit que la cire, le combustible en question, est d'abord fondue puis attirée et enfin vaporisée par l'action directe de la chaleur de la mèche enflammée. Cette vapeur hydro-carbonée s'amoncelant autour du bout de mèche calciné, est trop épaisse pour être complètement atteinte par l'oxigène de l'air qui constitue, ici du moins, le seul support de la combustion. Ce gaz ne peut atteindre que la couche extérieure de la vapeur condensée composée de carbone et d'hydrogène : mais l'oxygène n'attaque pas le composé gazeux avec le même degré de force, car il a plus d'affinité avec l'hydrogène qu'avec le carbone. Il s'ensuit naturellement que, saisissant rapidement l'hydrogène de la vapeur condensée noire, il brûle avec elle produisant une chaleur très grande mais une lumière assez faible et tirant sur le bleu. Toutefois, au même moment, les particules fortement échauffées de carbone étant libérées, s'échappent et passent à travers la flamme hydro-oxygénée et lui communiquent une intensité de lumière blanche qu'elle n'aurait pas sans lui; mais ces particules lumineuses de carbone ne font que passer à travers la flamme oxy-hydrogène sans y être consumées et arrivent à l'extérieur où elles rencontrent de l'oxygène pur, l'oxygène de l'air avec lequel elles forment un composé qui n'est autre que le dioxide de carbone, vulgairement appelé acide carbonique, qui est toujours et partout un des constituants de l'air atmosphérique dans la proportion moyenne et normale de 4 parties sur 10,000. Cela forme un troisième cône, appelé le "*manteau,*" d'une luminosité et d'une chaleur moindres que le précédent On remarque que, vers la base bombée de ce troisième cône, la flamme prend une teinte bleuâtre et perd de son éclat : cela tient, sans doute, à l'abondance, vers ce point, de l'oxygène qui brûle simultanément et l'hydrogène et le carbone de la vapeur concentrée inflammable du centre. Si, par un moyen mécanique comme, par exemple, en promenant ou agitant vivement la flamme d'une bougie dans l'air libre, on accumule de l'oxygène, on voit tout de suite que la flamme perd de sa puissance d'illumination et devient bleuâtre de blanche qu'elle était auparavant, tout en gagnant en force calorique.

Voilà donc comment se fait la combustion dans notre *bougie de cire* et quelle est là structure de la flamme qu'elle émet.

Voyons, en dernier lieu, quels sont les produits et le résidu de cette combustion : pour cela, deux mots suffiront. Ce serait une erreur grossière de supposer que la combustion, ou tout autre agent soi-disant destructeur, pût anéantir quoique ce soit dans la nature. L'indestructibilité de la matière est tout aussi impossible aux forces de la nature que sa formation du néant. L'homme n'a jamais annihilé et n'annihilera jamais la moindre particule de matière. Il n'appartient absolument qu'à Dieu seul, qui a tiré toutes choses du néant, de les rendre à la condition de non-être. Vous prenez une paille légère, très sèche, vous y mettez le feu : en moins d'une seconde elle est réduite, semble-t-il, à rien. Détrompez-vous : vous n'avez rien détruit, absolument rien, et il y a exactement autant de matière après la combustion qu'auparavant. Vous n'avez fait subir au brin de paille qu'une désorganisation, ou une altération dans l'arrangement de ses ingrédients constitutifs : voilà tout. Il y avait dans cette festicule de chaume un nombre déterminé d'atomes d'oxygène, d'hydrogène, de carbone, de fer et d'autres matières minérales, le tout sous une forme concrète. Par l'effet de la combustion, l'oxygène et l'hydrogène ont été restitués à l'air sous la forme de vapeur blanche, le carbone, en partie, sous forme d'acide carbonique à l'état de gaz et une autre partie, à l'état solide sous forme de petites parcelles noires, s'est dissipée dans l'air en légère fumée ; il n'est resté qu'un peu de cendres où se trouvent toutes les matières minérales que contenait le brin de paille : fer, silice et bien d'autre minéraux encore qui donnent à la paille sa consistance et sa rigidité, qui même fait une coupure au doigt comme le ferait un rasoir, lorsque l'on essaie de la rompre, surtout la paille ou chaume triangulaire de ces plantes marécageuses appelées laiches ; le fer lui donne la consistance et le silice, sous forme de très petites spicules, cause la coupure. Je reviens à mon sujet.

La combustion de notre bougie, tout en la désorganisant complètement, n'a détruit, cependant, aucun de ses éléments constitutifs : on les retrouve très intégralement, comme dans notre brin de paille, en nombre et en poids exactement les mêmes sous une forme ou sous une autre, simples ou composés. Absolument rien n'a disparu, excepté la forme et les autres propriétés physiques de la bougie qui, naturellement, n'existent plus ou n'existent que sous d'autres combinaisons opérées par le fait de la combustion.

Voyons ce que les divers éléments de la cire et de la mèche de coton (seules matières en combustion) sont devenues. Le coton n'est autre chose que de la cellulose dont la formule est : C 18 H 30 O 15 formant un poids atomique de 486 comparé au poids d'un atome d'hydrogène, c'est-à-dire qu'une molécule de cellulose pèse 486 fois plus qu'un atome de cet élement qui est pris pour terme de comparaison pour tous les éléments. La cire contient les mêmes éléments que la mèche, mais en nombre d'atomes différents : la formule de la cire étant , comme nous l'avons dit au commencement de cette conférence, C 55 H 52 O 3. Ces deux substances combustibles, brûlant en présence et par l'action directe de l'oxygène, doivent concourir, il est évident, à produire de l'eau sous la forme de vapeur et de l'acide carbonique. On démontre la production de l'eau en tenant, au-dessus de la flamme, une cloche froide et sèche : l'on voit bientôt cette cloche se ternir de plus en plus par les particules de vapeur d'eau qui adhèrent à ses parois ; on démontre la présence de l'acide carbonique, qui est l'autre produit de la combustion, en jetant dans cette même cloche un peu d'eau de chaux. Si on agite cette eau de chaux qui est claire comme du cristal, on la voit bientôt se troubler et prendre une apparence laiteuse. Cependant tout le carbone n'entre pas en combinaison avec l'oxygène pour produire ce dioxyde dont nous venons de parler, attendu que la combustion ne se fait qu'imparfaitement. Une portion de carbone plus au moins notable reste à l'état naturel, c'est-à-dire non-combiné. Une partie de ce carbone, que le manque d'oxygène n'a pu oxyder ni autrement altérer, s'échappe sous forme de petites lamelles ou filets minces d'une odeur empyreumatique de couleur noirâtre et luisante et d'une saveur amère, et est entrainée dans le courant d'air que crée la chaleur de la combustion, et forme la portion la plus considérable de la fumée, c'est la *suie* qu'il est facile de recueillir. Il ne faut pour cela que placer, un peu au-dessus de la flamme, une plaque de verre, et bientôt elle noircira et formera une couche plus ou moins épaisse de ce que l'on nomme noir de fumée, qui est presque du carbone pur. Je dois, toutefois, faire remarquer que la bougie de cire produit beaucoup moins de suie que les huiles et les autres corps gras, tels que le camphogène, la térébenthine, la poix, le goudron, etc. L'autre partie du carbone non-combinée, que seule la mèche de coton fournit, se présente à l'état de calcination au bout de la mèche en ignition : c'est tout simplement du charbon.

Il me resterait à traiter de la nature et des propriétés physiques

et chimiques de chacun des produits de la combustion, que je viens d'énumérer ; mais cela nous entraînerait trop loin, et prolongerait cette conférence outre mesure. D'ailleurs, il me semble que l'intérêt qui s'attachait à notre *Bougie* n'a plus raison d'être, puisque la voilà maintenant toute fondue, toute consumée, toute disparue en tant du moins que corps spécifique distinct de tous les autres corps.

J. C. C.





